(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Publication of Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application: 7-283119

(43) Date of Publication of Application: October 27, 1995

(51) Int. Cl.6: Domestic Classification Symbol

H01L 21/027

G03B 27/32 F

G03F 7/20 521

Intraoffice Reference Number:

FI:

H01L 21/30 515 D

527

Technology Indication Field:

Request for Examination: Not made

Number of Claims: 8 OL (8 pages in total)

(21) Application Number: Patent Application 6-75624

(22) Application Date: April 14, 1994

(71) Applicant: 000005108

Hitachi, Ltd.

4-6, Kanda-Surugadai, chiyoda-ku, Tokyo

(72) Inventor: Yoshinori Nakayama

c/o Hitachi, Ltd. Central Research Laboratory

1-280, Higashi-Koigakubo, Kokubunji-shi, Tokyo

(72) Inventor: Yoshio Kawamura
c/o Hitachi, Ltd. Central Research Laboratory
1-280, Higashi-Koigakubo, Kokubunji-shi, Tokyo
(74) Agent: Patent Attorney, Katsuo Ogawa

(54) [Title of the Invention] Exposure apparatus and exposure method

(57) [Abstract]

[Object]

It is an object of the invention to provide exposure in which positioning of patterns is not needed and exposure facilitating to change a projection mask pattern.

[Constitution]

An exposure apparatus is constituted by a polarizing filter for controlling polarization of light generated from a light source and a polarizing filter for selecting a polarization component transmitted therethrough from a projecting mask and a projecting mask in which a pattern having different rotary polarization characteristics is present.

[Effect]

A plurality of patterns are present in one sheet of a mask, accurate positioning of the patterns can firmly be carried out, and also patterns of an projecting mask can easily

be formed.

[Claims]

[Claim 1]

An exposure apparatus characterized in an exposure apparatus comprising a light source and a projecting mask and a projecting lens for exposing a pattern on the projecting mask onto a wafer, wherein a polarizing filter for controlling a polarizing direction of light generated from the light source is provided between the light source and the projecting mask and a polarizing filter for controlling a polarizing direction of transmitted light from the projecting mask is provided between the projecting mask and the wafer.

[Claim 2]

The exposure apparatus according to Claim 1, characterized in that the projecting mask is constituted by a rotating polarization material having at least two or more of different rotary polarization characteristics.

[Claim 3]

The exposure apparatus according to Claim 1, characterized in that the projecting mask is constituted by a ferroelectric crystal.

[Claim 4]

The exposure apparatus according to Claim 1, characterized in that the two polarizing filters are provided with mechanisms for respectively rotating in a horizontal direction relative to the projecting mask.

[Claim 5]

The exposure apparatus according to Claim 1, characterized in that a coil for generating a magnetic field in a direction orthogonal to a direction of advancing light is provided between the two polarizing filters.

[Claim 6]

An exposure method characterized in an exposure method using a light source and a projecting mask and a projecting lens for exposing a pattern on the projecting mask onto a wafer, wherein a pattern in the projecting mask is projected onto the wafer by controlling a polarizing direction of light generated from the light source in a constant direction by a polarizing filter provided between the light source and the projecting mask and controlling a polarizing direction of transmitted light from the projecting mask by a polarizing filter provided between the projecting mask and the wafer.

[Claim 7]

The exposure method according to Claim 6, characterized in that the projecting mask constituted by a rotary polarization material having at least two or more of different rotary polarization characteristics is used in the above-described and a desired rotary polarization region in the above-described is selected by rotating the polarizing filter or by an intensity of a magnetic field generated from a coil provided between the polarizing filters to be exposed

onto the wafer.

[Claim 8]

The exposure method according to Claim 7, characterized in that pattern kinds having the different rotary polarization characteristics for the same wafer in the above-described are exposed onto the wafer by a plural number of times while selecting the pattern kinds by rotating the polarizing filter or by the intensity of the magnetic field generated from the coil provided between the polarizing filters.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Application]

The present invention relates to an optical exposure apparatus and a method thereof. Particularly, the invention relates to an optical exposure apparatus used in fabricating a semiconductor element or the like and a method thereof.

[0002]

[Background Art]

An exposure apparatus of a background art is constituted by a light source and a projecting mask in which a light blocking pattern or a semitransparent film pattern is present and an optical lens. Further, an exposure method of a background art is a method of projecting a light blocking pattern or a semitransparent film pattern formed on a projecting mask onto a wafer by using the light source and the lens as in a reference

(Terasawa et al, Proc. of 1991 Intern. MicroProcess Conference pp.3-9).

[0003]

[Problems that the Invention is to Solve]

The exposure apparatus in the background art carries out exposure by projecting the light blocking pattern of the projecting mask onto the wafer. The light blocking pattern of the projecting mask is provided by working a metal film of chromium or the like or the semitransparent film constituted by a thin film of an oxide film or the like formed on transmitting glass. According to the exposure apparatus or the exposure method of such a mode, all of the light blocking pattern included in one sheet of the mask or phase shift pattern information is projected onto the wafer by one time exposure. Therefore, only one of pattern layer information is included in one sheet of the mask. Therefore, the mask needs to be prepared for each projecting mask and each pattern layer by one-to-one relationship. At this occasion, in fabricating one device, when a plurality of masks in correspondence with respective pattern layers are used, in order to accurately overlap patterns of the respective mask, the masks need to be positioned. In exposure of a small pattern of a semiconductor integrated circuit element or the like, highly accurate positioning is needed. Although in the background art, alignment marks are provided on the mask and the wafer for

positioning to adjust to position the marks before exposure, the adjustment is difficult and the highest accuracy in a current state is about 0.1μm. Further, according to the background art, the pattern at inside of the once fabricated projecting mask cannot be changed, and therefore, there poses a problem that the metal film or the like needs to be reworked or the like.

[0004]

It is an object of the invention to provide an exposure apparatus and an exposure method capable of forming a plurality of kinds of pattern kinds on the same wafer by one sheet of a mask with an excellent positional accuracy. Further, it is an object thereof to provide an exposure apparatus and an exposure method facilitating to change a shape of a pattern prepared at inside of a mask.

[0005]

[Means for Solving the Problems]

The above-described object is resolved by controlling polarization of light irradiated from a light source by rotating a polarizing filter (polarizer, detector) or by a magnetic rotary polarization effect (Faraday effect), or constituting a projecting mask by a rotary polarization material. Easiness in changing the pattern is resolved by using a ferroelectric material as a mask material.

[0006]

[Operation]

According to the invention, two of polarizing filters are prepared to control to transmit only light having a certain specific polarizing direction. Light generated from a light source is normally provided with circularly polarized light. The light becomes light of linearly polarized light when the light passes through a first polarizing filter (polarizer). The light is irradiated to a projecting mask. The projecting mask is provided with at least two or more of regions having different rotary polarization characteristics. According to a material having a rotary polarization characteristic of quartz crystal, a ferroelectric body or the like, when light of linearly polarized light is transmitted therethrough, the light is emitted by rotating polarization thereof at inside of the material. An angle of polarization thereof differs by a kind of the material and a thickness thereof. Therefore, when the linearly polarized light transmits through the regions having the different rotary polarization characteristics, directions of rotating linearly polarized light or angles of rotating linearly polarized light differ from each other between the regions. That is, the light transmitting through the projecting mask is provided with the angles of polarization which differ for the respective pattern regions. Next, by a polarizing filter (detectorpolarizer), the rotation is matched to polarized light in the region in

correspondence with a desired pattern in the transmitting light. The polarizing filter transmits only a specific polarization component. Therefore, in order to transmit linearly polarized light through the filter, the linearly polarized light needs to be polarized light having the rotary polarization characteristic the same as that of the filter. By rotating the detector, only light of the region the angle of polarization of which coincides therewith transmits therethrough and light of the other region is absorbed by the detector. As a result, light transmits only through the pattern of the region having the polarization component selected by the detector and light of the other pattern region is blocked. Similarly, in selecting the projecting pattern, other than rotating the polarizing filter, polarized light rotation by a magnetic field (Faraday effect) may be applied. In this case, the rotating angle of polarization is proportional to the magnetic field, and therefore, the intensity of the magnetic field may be adjusted such that light of the region in correspondence with the desired pattern is transmitted. Further, according to the invention, a light blocking type pattern of the background art may naturally be used also in the same mask. In this case, the light blocking pattern region becomes the light blocking region regardless of polarization.

[0007]

When the projecting mask according to the invention constituted by patterning a rotary polarization material onto a transmitting mask of the background art is used as the projecting mask of the invention, or a ferroelectric crystal is used as a mask material, a twin structure having a different rotary polarization characteristic can easily be formed. A ferroelectric body is constituted by a material generally having rotary polarization characteristic. Particularly, the ferroelectric member having the twin structure at room temperature is excellent as the projecting mask constituting material since in respective twin regions, angles of rotary polarization are in directions opposed to each other. Further, formation of the pattern, that is, formation of a twin region in a case of using a ferroelectric crystal can be realized by directly irradiating an electron beam. According thereto, there is utilized a phenomenon in which when an electron beam is irradiated to a region constituting one crystal structure of a certain twin structure, the region is changing to other twin structure. By the method, reworking in changing the pattern can easily be carried out without using a complicated process of etching or the like.

[0008]

[Embodiment]

The embodiments of an exposure apparatus and an exposure method of the invention will be described.

[0009]

[embodiment 1]

First, an embodiment of the apparatus will be explained in reference to Figs.1, 3. Ultraviolet ray 2 generated by a mercury lamp 1 constituting a light source becomes parallel light by way of a lens 3 or condensed light to an incident pupil of a reduction lens 9. The light is a circularly polarized light ray. Next, only light polarized in a predetermined direction is transmitted through a filter face by a polarizing filter 4. The light is irradiated onto a mask 6. Inside of the mask includes a region (A pattern) 14 for rotating an angle of polarization by 0 degree for incident light and a region (B pattern) 15 for rotating the angle of polarization to the left by 5 degrees. Therefore, light transmitted through the mask is constituted by two polarizing components of the A pattern 14 rotated by 0 degree and the B pattern 15 rotated to the left by 5 degrees respectively for the incident light. The light rays are irradiated to a polarizing filter 7. First, an angle the same as that of the polarizing filter provided at an upper portion is set by a polarizing filter rotating mechanism 8. Then, transmitted light is constituted only by light of the A pattern, and the A pattern 14 reduced by the lens 9 is projected onto a wafer 10. Next, the angle of the polarizing filter 7 is rotated to the left by 5 degrees by the rotating mechanism 8. Then, at this time, only the B pattern

15 is transmitted therethrough and the B pattern 15 reduced by the lens 9 is projected onto the wafer. Further, the patterns may be selected by a polarizing filter rotating mechanism 5.

[0010]

[embodiment 2]

Here, an example of applying the invention to forming a pattern for ion implantation will be described in reference to Fig. 4. As the A pattern, the pattern 14 for high concentration implantation is prepared, and as the B pattern, the pattern 15 for low concentration implantation of Fig. 3 are prepared on one sheet of a mask 13. First, a silicon substrate is coated with a positive type polymer resist 17 by 1μm. The substrate is set with an angle the same as that of the polarizing filter provided at the upper portion by the polarizing filter rotating mechanism 8. Then, only light of the A pattern 14 is constituted as transmitted light, and the A pattern 14 reduced by the lens 9 is projected onto the wafer such as transmitted light 16 of Fig. 4 (a). Next, the angle of the polarizing filter 7 is rotated to the left by 5 degrees by the rotating mechanism 8. Then, at this time, only the B pattern 15 is transmitted and the B pattern 15 reduced by the lens 9 is projected such as transmitted light 16 of Fig. 4 (b). At this occasion, a second exposure time period is reduced only to a predetermined amount of a first exposure time period by

adjusting the two exposure time periods. In a case that the substrate is developed, when a resist film thickness of a region in correspondence with the A pattern becomes 0, a resist film thickness of a region of the B pattern becomes, for example, 0.5μm. Next, ions are implanted as shown by Fig. 4 (c). An acceleration voltage is 50kV. Then, at the region of the resist film thickness of 1μm, boron ions 19 are hampered by the resist film 17, and therefore, the ions cannot reach a wafer 18. At the B pattern region, the resist film thickness is 0.5μm, and therefore, the boron ions 19 passing through the resist are implanted to the wafer. A depth of implantation of the region 21 is 50nm and a concentration of implantation is 5×10^{18} pieces/m^3. In contrast thereto, at the A pattern region, the resist film thickness is 0, and therefore, a depth of implantation of the region 20 is 150nm and a concentration of implantation is 5×10^{24} pieces/m^3. Positioning of A pattern 20 and B pattern 21 of Fig. 4 (d) is characterized in that an error is not brought about in positioning a center position since the same mask is unmovedly used by the exposure method. The step is characterized in that the concentration of implantation can be controlled to a desired value by arbitrarily controlling the resist film thickness since the exposure time period of the B pattern 16 can be adjusted independently from exposure of the A pattern.

[0011]

[embodiment 3]

Here, an embodiment of a method of forming a small gate electrode by using a similar exposure method will be described in reference to Figs. 2, 5. As the A pattern, the pattern 14 for an upper face of the gate of Fig. 3 is prepared on one sheet of the mask 13 and as the B pattern, the pattern 15 for a bottom face of the gate is prepared thereon. Quartz is made to constitute a mask material. First, a silicon substrate is coated with the positive type polymer resist 17 by 1μm. For the substrate, a rotary polarization angle is made to be 0 by making a current of a magnetic coil 23 of Fig. 2 to be 0. Then, as transmitted light, only light of the A pattern is constituted, and the A pattern 14 reduced by the lens 9 is projected onto the wafer such as the transmitted light 16 (Fig. 5 (a)). Next, polarized light is rotated to the left by 5 degrees by generating a magnetic field 24 orthogonal to an optical path by making a current flow to the magnetic coil 23. In order to rotate polarized light in quartz by 5 degrees, a magnetic field of 3kOe is applied. Then, at this time, only the B pattern 15 is transmitted and the B pattern 15 reduced by the lens 9 is projected onto the wafer such as the transmitted light 16 (Fig. 5 (b)). At this occasion, a second exposure time period is prolonged more than a first exposure time period by a predetermined time period by adjusting the two exposure time periods. When the substrate is developed, in a case in which

a resist film thickness of a region in correspondence with the B pattern becomes 0, a resist film thickness of a region of the A pattern becomes, for example, 0.5μm (Fig. 5 (c)). A dimension of a resist width of the resolved B pattern is 0.1μm. Next, tungsten is deposited on the wafer by a vapor deposition method. When processed such that a maximum film thickness of tungsten becomes 0.8μm, tungsten of a film thickness 0.8μm is deposited on the B pattern brought into contact with a wafer face, and a film thickness at the A pattern region becomes 0.3μm (Fig. 5 (d)). In a background art, machining is carried out by using 2 sheets of masks for twice exposure, and therefore, positioning accuracy of the A, B patterns is 0.1μm at maximum and depending on cases, there is brought about a failure that positions of the A, B patterns do not overlap. In contrast thereto, also in the example, there is not a movement in switching masks, and therefore, a positioning error is always 0. By the process, an excellent gate having a small gate length and a small contact resistance with an upper face electrode can be machined.

[0012]

[embodiment 4]

Here, a structure of a projecting mask used in the invention and its fabricating method will be described.

[0013]

As a rotary polarization material for a projecting mask

of the invention, there is quartz crystal, a ferroelectric body, a rotary polarization solution, a liquid crystal or the like. Here, among these, quartz and a ferroelectric material which are the most practical will be explained. A rotary polarization angle when transmitted through a mask material depends on a characteristic and a thickness of a material. First, quartz crystal is made to constitute a mask material. When transmitted through quartz of 1mm for a wavelength 546nm, a rotary polarization angle is rotated by 25.54 degrees. Hence, first, a quartz crystal plate having a thickness of 5mm is prepared. Next, the A pattern is etched by using dry etching by CF_4 gas such that rotary polarization angle becomes 0 degree. Next, by similarly etching B pattern such that the rotary polarization angle becomes 5 degrees to thereby provide the projecting mask 13 of Fig. 3. In this way, when the thickness of the mask member is changed, 2 kinds or more of patterns can be included therein.

[0014]

Next, a ferroelectric mask will be explained in reference to Fig. 6. Here, as mask members 33, 34, a single crystal of $LiNbO_4$ is used. $LiNbO_4$ single crystal is a ferroelectric body having a structure phase transition temperature at 1210°C. At room temperature, the single crystal is provided with a twin structure of a trigonal system, and rotary polarization angles relative to each other are in directions of right optical

rotation and left optical rotation inverse to each other, and therefore, patterns can be selected easily by a filter. Therefore, the pattern can be formed without depending on a mask thickness. In forming a pattern, first, $LiNbO_4$ single crystal 33 is mounted on a transmitting mask substrate 32. A temperature of a total of the crystal is elevated to 1210°C to constitute the total of the crystal by a titanium iron ore structure. The step corresponds to erasing the mask. Thereafter, when the temperature is lowered to room temperature, the total becomes one structure of twin. Hence, when a bottom face of the wafer is grounded and an electron beam is irradiated, the region is subjected to transition to another twin structure. By the process, the projecting mask patterns 33, 34 can be fabricated. Further, as a method of erasing the mask pattern, other than the above-described temperature elevating method, by applying an electric field in a constant direction of the mask plate, all can be constituted by the same structure by utilizing a property of the ferroelectric body.

[0015]

Otherwise, as the mask member, a single crystal of $LaNbO_4$ may be used. $LaNbO_4$ single crystal is a ferroelectric body having a structure phase transition temperature at 500°C and also a strongly elastic body. The crystal is constituted by a twin structure of a monolithic system at room temperature

and rotary polarization angles of respectives differ from each other by 10 degrees. Therefore, the pattern can be formed without depending on the mask thickness similar to the above-described. In forming the pattern, first, a temperature of a total of a crystal is elevated to 500°C, and the total of the crystal is constituted by a tetragonal system. The step corresponds to erasing the mask. Thereafter, when the temperature is lowered to room temperature, the total becomes one structure of twin. Hence, when a force is locally applied, or an electron beam is irradiated, the region is subjected to transition to another twin structure. At this occasion, a transition region between the two twin structures is provided with a width of about 1.5nm, and therefore, a pattern having a line width the same as that of an electron beam diameter (10nm) is produced. Therefore, a mask capable of sufficiently corresponding nanometer machining can be realized. In carrying out exposure by using the mask, the pattern is selected by rotating the polarizing filter 7 of Fig. 1 by 10 degrees or rotating rotary polarization by 10 degrees by the magnetic field generating coil 23 of Fig. 2. Further, as a method of erasing the mask, other than the above-described temperature elevating method, by applying a force in a direction of one side of the mask plate, all thereof can be constituted by the same structure by utilizing a property of a strongly elastic body. In $LaNbO_4$ single crystal, by applying a force of 5kg/cm^2,

the mask pattern can be erased.

[0016]

[embodiment 5]

Here, an example of integrating the invention to a compound process apparatus will be explained in reference to Fig. 7. As an apparatus, the exposure apparatus of the invention is arranged at inside or right above a processing chamber 26. The processing chamber 26 is constituted by a heater 29 for high temperature process and a gas introducing portion 31, an ion irradiating portion 25, a vacuuming portion 30 and a high frequency generating apparatus. Exposure is carried out by using an ArF excimer laser 35 as a light source. First, the wafer 10 or a chip is mounted to the processing chamber, oxygen, steam gas are introduced by the gas introducing portion 31, thereafter, the temperature of the processing chamber is elevated by using the heater 29 for the high temperature process, and a thermally oxidized film is formed on the surface of the wafer by 1μm. Next, the polarizing filter 4 or 7 is rotated by 5 degrees, and a pattern for forming an activation layer in the projection exposure mask is selected. Further, CCl_2F_2 gas is introduced into the processing chamber from the gas introducing portion 31. Then, the excimer laser 2 is irradiated only to the pattern portion for forming the activation layer, and the oxide film is etched. The etching is carried out until completely eliminating the oxide film.

Next, the processing chamber is vacuumed from the vacuum exhaust portion 30 and boron ions are irradiated to an entire face of the wafer from the ion irradiating portion 25. Then, at a region having the oxide film, the boron ions are hampered in the oxide film, and therefore, only the pattern forming portion is implanted with the ions. Next, CF_4 gas is introduced into the processing chamber from the gas introducing portion 31, a high frequency 27 is generated between an upper electrode 28 and the wafer 10, and a total of the oxide film is removed. Thereafter, the polarizing filter is rotated by 10 degrees, and the electrode forming pattern in the projection exposure mask 6 is selected. Further, SiH_4 gas, NF_3 gas, oxygen gas and the like are introduced to the processing chamber from the gas introducing portion 31. Then, the excimer laser 2 is irradiated only to the pattern portion for forming the electrode, and polycrystalpolycrystalline silicon is deposited. In this way, a semiconductor device is fabricated in the same processing chamber. Also in this case, machining having a pattern positioning error in twice exposure to be 0 and without using the resist can be carried out.

[0017]

[Advantage of the Invention]

According to the invention, a plurality of patterns are included in one sheet of a projecting mask, and therefore, exposure without using interlayer positioning can be carried

out. Further, the method is applicable to direct etching or deposition without using a resist of an excimer laser or the like, and therefore, the method can be applied to a compound process apparatus. Otherwise, the projecting mask used in the invention is easy to fabricate, erase and reproduce a pattern, and therefore, an inexpensive and efficient process can be carried out. Although in the embodiment, a solid crystal material is used as a rotary polarization substance, a similar effect is achieved even when a rotary polarization liquid is placed on the mask substrate or in the mask substrate. Further, according to the method of the invention, by setting a number of rotary polarization angles, a set number of pattern kinds can be included at inside of the projecting mask, and at a region common to the patterns, a light blocking pattern of the background art can also be used.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a view showing a constitution of an exposure apparatus according to an embodiment of the invention (part 1).

[Fig. 2]

Fig. 2 is a view showing a constitution of an exposure apparatus according to an embodiment of the invention (part 2).

[Fig. 3]

Fig. 3 is a view showing a constitution of a projecting mask according to an embodiment of the invention

[Fig. 4]

Fig. 4 illustrates views showing an ion implantation process according to an embodiment of the invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 illustrates views showing an electrode forming process according to an embodiment of the invention.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a view showing a ferroelectric projecting mask according to an embodiment of the invention.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a view showing a compound process apparatus according to an embodiment of the invention.

[Description of Reference Numerals and Signs]

1..light source, 2..light, 3..lens, 4..polarizing filter, 5..rotary base, 6..projecting mask, 7..polarizing filter, 8..rotary base, 9..reduction lens, 10..wafer, 11..mask pattern, 12..projecting pattern, 13..mask substrate, 14..pattern A, 15..pattern B, 16..transmitted light, 17..resist, 18..wafer, 19..boron ion, 20, 21..ion implanting regions, 22..tungsten electrode, 23..magnetic field generating coil, 24..magnetic field, 25..ion generating source, 26..processing chamber, 27..high frequency generating power source, 28..upper electrode, 29..heater, 30..exhaust

portion, 31..gas introducing portion, 32..mask substrate, 33..ferroelectric pattern A, 34..ferroelectric pattern B, 35..excimer laser

[Drawings]

[Fig. 3]

14..A pattern, 15..B pattern

(19)日本国特許庁（JP）　(12) 公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号

特開平7－283119

(43)公開日　平成7年(1995)10月27日

(51)Int.Cl.⁶	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/027				
G03B 27/32		F		
G03F 7/20	521			
			H01L 21/30 515 D	
			527	

審査請求　未請求　請求項の数8　OL　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平6－75624

(22)出願日　平成6年(1994)4月14日

(71)出願人　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者　中山　義則
東京都国分寺市東恋ケ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

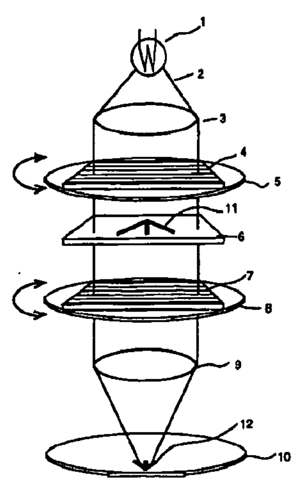
(72)発明者　河村　喜雄
東京都国分寺市東恋ケ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人　弁理士　小川　勝男

(54)【発明の名称】露光装置および露光方法

(57)【要約】
【目的】　パターン間の位置合わせの不用な露光と投影マスクパターンの変更の容易な露光を目的とする。
【構成】　光源から発生される光の偏光を制御する偏光フィルタと投影マスクから透過した偏光成分を選択する偏光フィルタおよび異なる旋光特性を有したパターンを内在した投影マスクから構成される。
【効果】　一枚のマスク内に複数のパターンを内在し、これらのパターン間の正確な位置決めが確実にでき、また投影マスクのパターン形成も容易にできる。

図1



【特許請求の範囲】
【請求項1】光源および投影マスクおよび投影レンズからなり投影マスク上のパターンをウェーハ上に露光する露光装置において、光源と投影マスクの間に光源から発せられる光の偏光方向を制御する偏光フィルタと投影マスクとウェーハの間に投影マスクからの透過光の偏光方向を制御する偏光フィルタを設けたことを特徴とする露光装置。
【請求項2】上記投影マスクが少なくとも二つ以上の相異なる旋光特性を有する旋光性材料で構成されていることを特徴とする特許請求項第1項記載の露光装置。
【請求項3】上記投影マスクが強誘電体結晶で構成されていることを特徴とする特許請求項第1項記載の露光装置。
【請求項4】上記二つの偏光フィルタが投影マスクに対しそれぞれ水平方向に回転する機構を設けたことを特徴とする特許請求項第1項記載の露光装置。
【請求項5】上記二つの偏光フィルタの間に光の進行方向に対して垂直方向に磁場を発生するコイルを設けたことを特徴とする特許請求項第1項記載の露光装置。
【請求項6】光源および投影マスクおよび投影レンズを用い投影マスク上のパターンをウェーハ上に露光する露光方法において、光源と投影マスクの間に設けた偏光フィルタにより光源から発せられる光の偏光方向を一定の方向に制御しまた投影マスクとウェーハの間に設けた偏光フィルタにより投影マスクからの透過光の偏光方向を制御することにより投影マスク内のパターンをウェーハ上に投影することを特徴とする露光方法。
【請求項7】上記において少なくとも二つ以上の相異なる旋光特性を有する旋光性材料で構成された投影マスクを用い上記のうちの所望の旋光領域を上記偏光フィルタの回転もしくは上記偏光フィルタの間に設けたコイルから発生する磁場の強さにより選択してウェーハ上に露光することを特徴とする特許請求項第6項記載の露光方法。
【請求項8】上記において同じウェーハに対して相異なる旋光特性を有するパターン種を上記偏光フィルタの回転もしくは上記偏光フィルタの間に設けたコイルから発生する磁場の強さにより選択しながらウェーハ上に複数回に分けて露光することを特徴とする特許請求項第7項記載の露光方法。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【産業上の利用分野】本発明は、光学式の露光装置ならびにその方法に関する。特に、半導体素子の製造等に用いる光学式の露光装置ならびにその方法に係わる。
【0002】
【従来の技術】従来の露光装置は光源と遮光パターンあるいは半透明膜パターンを内在した投影マスクおよび光学レンズから構成される。また従来の露光方法は文献(Terasawa et al, Proc. of 1991 Intern. MicroProcess Conference pp.3-9) のように投影マスク上に形成された遮光パターンあるいは半透明膜パターンを上記光源およびレンズを用いてウェーハ上に投影する方法であった。
【0003】
【発明が解決しようとする課題】従来の技術における露光装置は、投影マスクの遮光パターンをウェーハ上に投影することで露光を行っていた。この投影マスクの遮光パターンは、透過ガラスの上に形成したクロム等の金属膜あるいは酸化膜等の薄膜による半透明膜を加工して得られたものである。この様な形態の露光装置あるいは露光方法では、一枚のマスクに含まれた遮光パターンあるいは位相シフトパターン情報の全てが一回の露光でウェーハに投影される。従って、一枚のマスクには一つのパターン層情報しか含まれない。このため、投影マスクと各パターン層ごとにマスクを一対一で用意しなければならない。この際、一つのデバイスを作製するにあたり各パターン層に対応した複数のマスクを用いる場合には、それぞれマスクのパターンの重ねあわせを正確に行うためにマスクの位置合わせが必要となる。半導体集積回路素子等の微細なパターンの露光では、高精度の位置合わせが必要となる。従来はこの位置合わせのためにマスクとウェーハ上にそれぞれ合わせマークを設けてこれらのマーク間の位置合わせを露光前に調整していたが、その調整は困難で現状の最高精度は0．1μm程度ある。また、従来技術では一度作製した投影マスク内のパターン変更はできないので、上記金属膜等の加工をしなおさなければならない等の問題が有った。
【0004】本発明の目的は、一枚のマスクで複数種のパターン種を同一ウェーハ上に位置精度良く形成できる露光装置及び露光方法を提供することにある。また、マスク内に用意されるパターン形状の変更の容易な露光装置および露光方法を提供することに有る。
【0005】
【課題を解決するための手段】上記目的は、光源から照射される光の偏光を偏光フィルタ（偏光子、検光子）の回転あるいは磁気旋光効果（ファラデー効果）により制御し、また旋光性材料により投影マスクを構成することにより解決される。パターン変更の容易性はマスク材料として強誘電体材料を用いることで解決される。
【0006】
【作用】本発明では、2つの偏光フィルタを用意し、ある特定の偏光方向を持った光だけを透過するよう制御する。光源から発生する光は通常円偏光を有している。最初の偏光フィルタ（偏光子）を通過すると直線偏光の光となる。この光を投影マスクに照射する。投影マスクは少なくとも二つ以上の旋光特性の異なる領域を設けてある。水晶や強誘電体等の旋光性のある材料では、線偏光の光が透過するとき光はその材料内で偏光が回転して出てくる。その偏光角は、材料の種類及びその厚さによっ

て異なる。従って、旋光特性の異なる領域を上記線偏光の光が透過するとこれらの領域間では線偏光の回転方向や回転角が異なったものとなる。すなわち、投影マスクを透過した光は、パターン領域ごとに異なる偏光角となっている。次に偏光フィルタ（検光子）によりこれらの透過光の内所望のパターンに対応した領域の偏光に回転を合わせる。偏光フィルタは、特定の偏光成分のみを透過させるものである。このため、線偏光がこのフィルタを透過するためにはこのフィルタと同じ旋光性の偏光でなければならない。検光子の回転により、旋光角の一致した領域のみが透過しそれ以外の領域はこの検光子に吸収されてしまう。この結果、検光子で選択された偏光成分を有した領域パターンのみ光が透過しその他のパターン領域の光は遮られてしまう。同様に、投影パターンの選択は、偏光フィルタの回転の他に磁場による偏光回転（ファラデー効果）を応用しても良い。この場合、偏光の回転角は、磁場に比例するので、所望のパターンに対応した領域が透過するように、磁場の強さを調節すれば良い。また、本発明において、当然従来の遮光型パターンを同一マスクに併用しても良い。この場合、遮光パターン領域は偏光に係わらず遮光領域となる。

【0007】本発明の投影マスクとしては従来の透過マスク上に旋光性材料をパターニングするものを使うか、あるいはマスク材として強誘電体結晶を用いると旋光特性の異なる双晶構造を容易に形成できる。強誘電体は一般に旋光性を持つ材料である。特に、室温で双晶構造をとるものは、各双晶領域で旋光角がお互いに反対方向になるために上記投影マスク構成材料として優れている。また、強誘電体結晶を用いる場合のパターン形成すなわち双晶領域形成については直接電子ビームの照射により実現することができる。これはある双晶構造の片方の結晶構造になっている領域に電子ビームを照射するともう片方の双晶構造に変化する現象を利用したものである。この方法により複雑なエッチング等のプロセスを用いずにパターン変更時の再加工が容易にできる。

【0008】

【実施例】以下、本発明の露光装置及び露光方法の実施例について述べる。

【0009】［実施例1］まず本装置の実施例を図1、3を用いて説明する。光源である水銀ランプ1より発せられた紫外光2はレンズ3により平行光もしくは縮小レンズ9の入射瞳への集光光となる。この光は円偏光光線である。次に偏光フィルタ4によりフィルタ面に所定方向の偏光のみを透過させる。この光をマスク6上に照射する。マスク内には入射光に対して偏光角が0度回転する領域（Aパターン）14と左に5度回転する領域（Bパターン）15が含まれている。従って、このマスクを透過した光は入射光に対してそれぞれ0度回転したAパターン14と左に5度回転したBパターン15の2つの偏光成分から構成される。これらの光を偏光フィルタ7に照射する。まず偏光フィルタ回転機構8により上部に設けた偏光フィルタと同じ角度に設定する。すると透過光としてはAパターンの光のみとなり、ウェーハ10上にはレンズ9により縮小されたAパターン14が投影される。次に、回転機構8により偏光フィルタ7の角度を左に5度回転させる。すると今度はBパターン15のみが透過してウェーハ上にはレンズ9により縮小されたBパターン15が投影される。なお、パターン選択は、偏光フィルタ回転機構5によって行っても良い。

【0010】［実施例2］ここでは、本発明をイオン打ち込み用パターン形成に応用した例について図4を用いて述べる。上記Aパターンとして図3の高濃度打ち込み用パターン14、Bパターンとして低濃度打ち込み用パターン15を一枚のマスク13上に用意する。まず、シリコン基板にポジ型高分子レジスト17を1μm塗布する。この基板に対し、偏光フィルタ回転機構8により上部に設けた偏光フィルタと同じ角度に設定する。すると透過光としてはAパターン14の光のみとなり、ウェーハ上にはレンズ9により縮小されたAパターン14が図4（a）の透過光16ように投影される。次に、回転機構8により偏光フィルタ7の角度を左に5度回転させる。すると今度はBパターン15のみが透過してウェーハ上にはレンズ9により縮小されたBパターン15が図4（b）の透過光16ように投影される。この際2つの露光時間を調節して2回目の露光時間を1回目の露光時間の所定量だけに減少させる。この基板を現像すると、Aパターンに対応する領域のレジスト膜厚が0になったとき、Bパターンの領域のレジスト膜厚は例えば0．5μmとなる。次に図4（c）に示すようにイオン打ち込みする。加速電圧は50kVである。すると、レジスト膜厚1μmの領域では、ホウ素イオン19がレジスト膜中17で阻止されてしまうためにウェーハ18には到達できない。Bパターン領域ではレジスト膜厚が0．5μmあるのでレジストを通過したホウ素イオン19がウェーハに打ち込まれる。この領域21の打ち込み深さは50nmで打ち込み濃度は5×10[11]個／m[2]である。これに対し、Aパターン領域ではレジスト膜厚が0であるためにこの領域20の打ち込み深さ150nmで打ち込み濃度は5×10[8]個／m[2]であった。図4（d）のAパターン20とBパターン21の位置合わせは上記露光法により同一マスクを動かさずに用いているので中心位置の位置合わせ誤差が生じない特徴がある。この工程では、さらにBパターン16の露光時間をAパターンの露光とは独立に調節できるのでレジスト膜厚を任意に制御して打ち込み濃度を所望の値に制御できる特徴がある。

【0011】［実施例3］ここでは、同様の露光法を用いて微細ゲート電極の形成法の実施例について図2、5を用いて述べる。上記Aパターンとして図3のゲート上面用パターン14、Bパターンとしてゲート底面用パターン15を一枚のマスク13上に用意する。石英をマスク材とする。まず、シリコン基板にポジ型高分子レジスト17を1μm塗布する。この基板に対し、図2の磁気コイル23に電流を0として旋光角を0にする。すると透過光としてはAパターンの光のみとなり、ウェーハ上にはレンズ9により縮小されたAパターン14が透過光16のように投影される（図5（a））。次に、磁気コイル23に電流を流し光路に垂直な磁場24を発生させ偏光を左に5度回転させる。石英中の旋光を5度回転させるためには3kOeの磁場を印加する。すると今度はBパターン15のみが透過してウェーハ上にはレンズ9により縮小されたBパターン15が透過光16のように投影される（図5（b））。この際2つの露光時間を調節して2回目の露光時間を1回目の露光時間より所定の時間だけ長くする。この基板を現像すると、Bパターンに対応する領域のレジスト膜厚が0になったとき、Aパターンの領域のレジスト膜厚は例えば0．5μmとなる（図5（c））。解像したBパターンのレジスト幅の寸法は0．1μmであった。次にこのウェーハにタングステンを蒸着法により堆積させる。タングステン最大膜厚が0．8μmとなるように処理すると、ウェーハ面に接触するBパターンでは膜厚0．8μmのタングステンが堆積し、Aパターン領域での膜厚は0．3μmとなった（図5（d））。従来は2回の露光で2枚のマスクを用いて加工を行っていたためにA，Bパターンの位置合わせ精度は最高でも0．1μmで場合によっては、A，Bパターンの位置が重ならないなど不良があった。これに対し本例でもマスク切り替え時の移動がないために位置合わせ誤差はいつでも0であった。このプロセスによってゲート長の微細なかつ上面電極との接触抵抗の少ない良好なゲート加工が可能となった。

【0012】［実施例4］ここでは、本発明に用いる投影マスクの構造と作製方法について述べる。

【0013】本発明の投影マスク用の旋光性材料としては、水晶や強誘電体や旋光性溶液、液晶等がある。ここではこれらのうち最も実用的な水晶と強誘電体材料について説明する。マスク材料を透過したときの旋光角は材料の特性と厚さに依存している。先ず、水晶をマスク材料にしてみる。波長546nmに対して、1mmの水晶中を透過すると旋光角は25．54度回転する。そこで先ず、5mm厚の水晶板を用意する。次に、旋光角が0度になるように、CF_4ガスによるドライエッチングを用いてAパターンをエッチングする。次に5度の旋光角となるように、Bパターンを同様にエッチングすることで図3の投影マスク13が得られる。この様に、マスク材の厚さを変えれば2種以上のパターンを内在させることが可能である。

【0014】次に、強誘電体マスクについて図6を用いて説明する。ここでは、マスク材33、34としては$LiNbO_3$の単結晶を用いる。$LiNbO_3$単結晶は、1210℃に構造相転移温度を持つ強誘電体である。室温では三方晶系の双晶構造をとり、お互いの旋光角は右旋回と左旋回の逆方向となるので、容易にフィルタによるパターン選択ができる。従って、マスク厚さには依存せずにパターン形成ができる。パターン形成は先ず、透過マスク基板32上に$LiNbO_3$単結晶33をのせる。結晶全体を1210℃に上げて、結晶全体をチタン鉄鉱形構造にする。この工程はマスクの消去に相当する。その後、室温に下げると全体が双晶の片方の構造になる。そこでウェーハ底面を接地して電子ビームを照射するとその領域はもう片方の双晶構造に転移する。このプロセスにより投影マスクパターン33、34の作製ができた。また、マスクパターンの消去法としては、上記の温度上昇法の他に、マスク板の一定方向に電場を加えることにより強誘電体の性質を利用して全てを同じ構造体にできる。

【0015】この他、マスク材としては$LaNbO_4$の単結晶を用いても良い。$LaNbO_4$単結晶は、500℃に構造相転移温度を持つ強誘電体でありかつ強弾性体である。室温では単斜晶系の双晶構造をとり、互いの旋光角は10度異なっている。従って、上記と同様にマスク厚さには依存せずにパターン形成ができる。パターン形成は先ず、結晶全体を500℃に上げて、結晶全体を正方晶系にする。この工程はマスクの消去に相当する。その後、室温に下げると全体が双晶の片方の構造になる。そこで局所的に力を加えるか、電子ビームを照射するとその領域はもう片方の双晶構造に転移する。この時両双晶構造間の遷移領域は1．5nm程度であるので、電子ビーム径（10nm）と同じ線幅のパターンができた。従って、ナノメータ加工に充分対応できるマスクが実現できた。このマスクを用いて露光する際に、パターン選択を行うには、図1の偏光フィルタ7を10度回転させるかあるいは図2の磁場発生コイル23により旋光を10度回転させて行う。また、マスクの消去法としては、上記の温度上昇法の他に、マスク板の一辺方向に力を加えることにより強弾性体の性質を利用して全てを同じ構造体にできる。$LaNbO_4$単結晶では、5kg／cm^2の力を加えることでマスクパターン消去ができた。

【0016】［実施例5］ここでは、本発明を複合プロセス装置に組み込んだ例について図7を用いて述べる。装置としては、本発明の露光装置がプロセス処理室26内あるいは直上に配置される。このプロセス処理室26では、高温処理用ヒータ29とガス導入部31、イオン照射部25、真空排気部30及び高周波発生装置からなる。光源としてはArFエキシマレーザ35を用いて露光を行う。まず、ウェーハ10あるいはチップを処理室に装着し、ガス導入部31より酸素、水蒸気ガスを導入後、高温処理用ヒータ29を用いて処理室温度を上昇させ、ウェーハ表面に熱酸化膜を1μm形成する。次に、偏光フィルタ4あるいは7を5度回転させ、投影露光マ

スク中の活性層形成用パターンを選択する。そして、処理室にガス導入部３１よりCCl_2F_2ガスを導入する。すると、上記活性層形成用パターン部のみにエキシマレーザ２が照射され、酸化膜がエッチングされる。このエッチングは酸化膜が完全に無くなるまで行う。次に、真空排気部３０より処理室を真空に排気しイオン照射部２５からホウ素イオンをウェーハ全面に照射する。すると、酸化膜がある領域はホウ素イオンが酸化膜中で阻止されてしまうために、上記パターン形成部のみがイオン打ち込みされる。次に、処理室にガス導入部３１よりCF_4ガスを導入し上部電極２８とウェーハ１０間に高周波２７を発生させ、酸化膜を全部除去する。その後、偏光フィルタを１０度回転させ、投影露光マスク６中の電極形成用パターンを選択する。そして、処理室にガス導入部３１よりSiH_4ガス，NF_3ガス，酸素ガス等を導入する。すると、上記電極形成用パターン部のみにエキシマレーザ２が照射され、多結晶シリコンが堆積される。この様にして、半導体デバイスが同一処理室で作製される。この場合も、２回の露光時のパターン位置合わせ誤差は０でかつレジストを用いない加工が可能である。

【００１７】

【発明の効果】本発明は、一枚の投影マスク内に複数のパターンが含まれているために層間位置決めの不用な露光が可能となる。また本方法は、エキシマレーザ等のレジスト不用の直接エッチングやデポジションへの適用ができるので、複合プロセス装置への応用ができる。この他、本発明に用いる投影マスクはパターン作製、消去および再生が容易であるので安価で効率的なプロセスが可能である。本実施例では、旋光性物質として固体結晶材料を用いたが、旋光性液体を透過マスク基板上あるいはマスク基板中に置いても同様の効果が得られる。また、本発明の方法では、旋光角を多数設定することで設定した分のパターン種を投影マスク内に内在させることが可能で、パターン間で共通する領域では、従来の遮光パターンを併用できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例に係る露光装置の構成を示す図（その１）。

【図２】本発明の一実施例に係る露光装置の構成を示す図（その２）。

【図３】本発明の一実施例に係る投影マスクの構成を示す図。

【図４】本発明の一実施例に係るイオン打ち込みプロセスを示す図。

【図５】本発明の一実施例に係る電極形成プロセスを示す図。

【図６】本発明の一実施例に係る強誘電体投影マスクを示す図。

【図７】本発明の一実施例に係る複合プロセス装置を示す図。

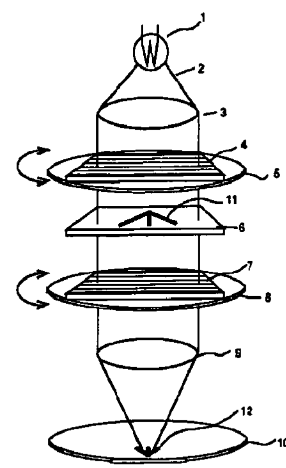
【符号の説明】

１…光源、２…光、３…レンズ、４…偏光フィルタ、５…回転台、６…投影マスク、７…偏光フィルタ、８…回転台、９…縮小レンズ、１０…ウェーハ、１１…マスクパターン、１２…投影パターン、１３…マスク基板、１４…パターンA

１５…パターンB、１６…透過光、１７…レジスト、１８…ウェーハ、１９…ホウ素イオン、２０、２１…イオン打ち込み領域、２２…タングステン電極、２３…磁場発生コイル、２４…磁場、２５…イオン発生源、２６…プロセス処理室、２７…高周波発生電源、２８…上部電極、２９…ヒータ、３０…排気部、３１…ガス導入部、３２…マスク基板、３３…強誘電体パターンA、３４…強誘電体パターンB、３５…エキシマレーザ。

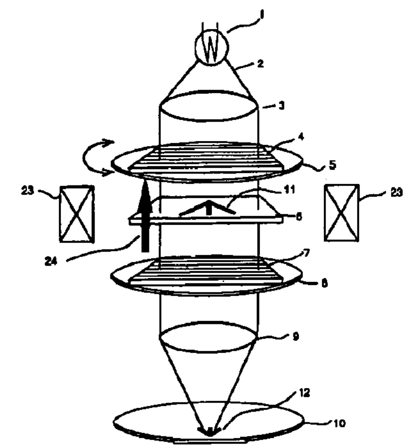
【図１】

図１



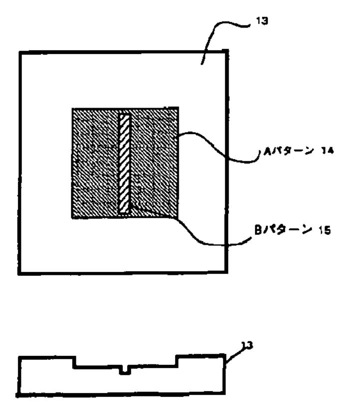
【図２】

図２



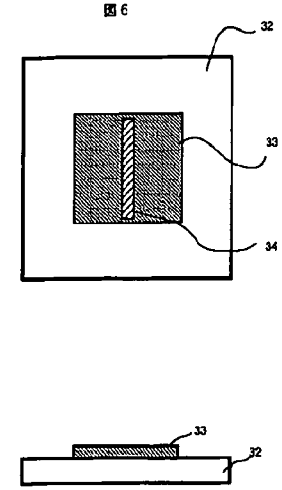
【図３】

図３



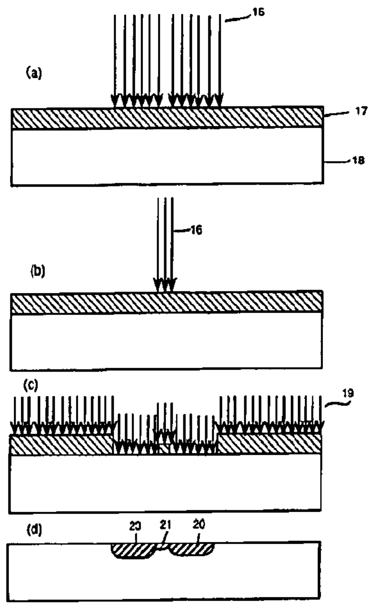
【図６】

図６



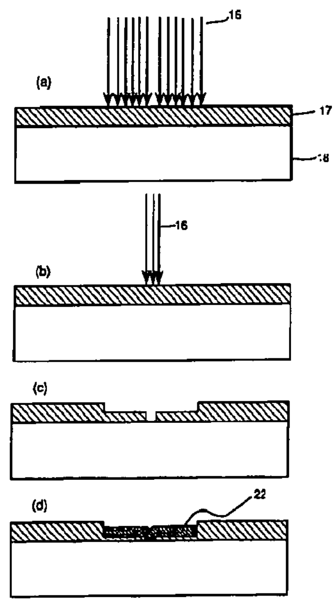
【図4】

図4



【図5】

図5



【図7】

図7